



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BEST AVAILABLE COPY

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 e N / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE 27 OCT 2003 LIEU 0312555 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 27 OCT. 2003		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ROVE Conseils 47, rue de Paris - B.P. 50229 F - 57106 THIONVILLE CEDEX Tél 03 82 53 42 42 - Fax 03 82 53 79 13 E-mail : rove@wanadoo.fr	
Vos références pour ce dossier (facultatif) RT 21030			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédé de brassage électromagnétique pour la coulée continue de produits métalliques de section allongée.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		ROTELEC	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		3 0 9 4 5 6 3 3 3	
Code APE-NAF		2 9 5 A	
Domicile ou siège	Rue	Tours Mercuriales 40, rue Jean Jaurès	
	Code postal et ville	19 3 1 7 0 BAGNOLET	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2^{ème} page



BEST AVAILABLE COPY

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉREQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES DATE 27 OCT. 2003 LIEU 0312555 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI
05 MANDATAIRE (s'il y a lieu)		
Nom		VENTAVOLI
Prénom		Roger
Cabinet ou Société		ROVE Conseils
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	47, rue de Paris BP 50 229
	Code postal et ville	57 101 6 THIONVILLE
	Pays	FRANCE
N° de téléphone (facultatif)		03 82 53 42 42
N° de télécopie (facultatif)		03 82 53 79 13
Adresse électronique (facultatif)		rove@wanadoo.fr
7 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques		
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
8 RAPPORT DE RECHERCHE Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences
Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Roger VENTAVOLI		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. MARTIN

ROVE Conseils
 47, rue de Paris - B.P. 50229
 F - 57106 THIONVILLE CEDEX
 Tél 03 82 53 42 42 - Fax 03 82 53 79 13
 E-mail : rove@wanadoo.fr

**PROCEDE DE BRASSAGE ELECTROMAGNETIQUE POUR LA COULEE
CONTINUE DE PRODUITS METALLIQUES DE SECTION ALLONGEE.**

La présente invention a trait à la coulée continue des métaux, notamment de l'acier.
5 Elle concerne plus particulièrement le brassage électromagnétique des produits à section droite allongée en cours de coulée, et plus précisément encore l'établissement au sein de la partie encore à l'état liquide du métal coulé d'une distribution particulière des écoulements à l'aide de champs magnétiques appliqués.

On rappelle que l'on entend par "produit à section droite allongée" des produits
10 métallurgiques dont la largeur est au moins le double de l'épaisseur, notamment les brames, bramettes, brames minces, etc....

Apparu dans le domaine de la coulée continue de l'acier au début des années soixante dix, le brassage électromagnétique s'y est rapidement affirmé comme un outil quasi-incontournable pour la maîtrise des écoulements dans le puits de métal liquide en
15 cours de solidification. On rappelle que le principe mis en œuvre est celui bien connu de la Magnéto-HydroDynamique, qui au moyen d'un champ magnétique mobile (tournant ou glissant), généré par un, ou plus généralement plusieurs inducteurs polyphasés disposés au voisinage immédiat du produit coulé, entraîne le métal liquide dans son déplacement. Convenablement placés sur la hauteur métallurgique de la machine de coulée, ces
20 inducteurs, alimentés en courant électrique à fréquence ajustable, permettent alors des modes de brassage variés, adaptés aux besoins du métallurgiste.

Par ailleurs, les progrès réalisés dans la compréhension des mécanismes de solidification du métal lors de la coulée continue ont montré l'importance que revêtent
25 précisément les mouvements de circulation du métal liquide sur la qualité (au sens général de ce terme) du produit solidifié obtenu. A cet égard, les mouvements imprimés au métal en fusion au cours de la coulée continue peuvent se classer en deux catégories distinctes, selon que l'on considère la lingotière ou, en dessous, les étages du refroidissement secondaire de la machine de coulée.

Les mouvements imposés au métal liquide au sein de la lingotière, là où la fraction
30 métallique liquide est largement majoritaire, visent pour l'essentiel à un contrôle des écoulements à cet endroit dont on sait l'importance majeure tant sur la qualité du produit coulé obtenu que sur la maîtrise du processus de coulée lui-même.

En revanche, par un brassage du métal dans le puits liquide sous la lingotière, dans la zone du refroidissement secondaire par conséquent (on dit plus couramment "dans le
35 secondaire"), on recherche davantage une amélioration de la structure métallurgique interne du produit via le développement d'une solidification de type équiaxe la plus large possible que l'on sait favorable tant à la microségrégation des éléments d'alliage qu'à l'absence de porosités centrales du produit coulé, notamment. Ainsi un recours au brassage

BEST AVAILABLE COPY

électromagnétique en coulée continue de brames semble de plus en plus fréquent dès lors qu'il s'agit de produire des produits qui exigent une santé interne exempte de porosité comme les tôles fortes pour plaques de chaudronnerie par exemple ou des gros tubes soudés.

5 On retiendra simplement ici, pour une meilleure compréhension de l'invention qui sera exposée par la suite, qu'il est bien connu, comme le montre le schéma de la figure 3 ci-jointe venue du document FR 72.20546, de disposer dans le refroidissement secondaire d'une machine de coulée continue de brames, en regard l'un de l'autre, de part et d'autre des grandes faces du produit, d'inducteurs linéaires 41, 41' produisant des champs magnétiques
10 glissant transversalement dans le sens de la flèche selon la largeur du produit coulé. On comprend que l'on vise ainsi à établir au sein du métal liquide des écoulements qui, pour l'essentiel, se développent en deux boucles étagées sur la hauteur du produit coulé, remontant le long d'une petite face et descendant le long de la petite face opposée, l'une, la boucle 42, au dessus et l'autre, 43, en dessous de la zone d'action motrice horizontale (l'axe
15 de coulée étant supposé vertical) du champ magnétique. Une telle configuration de mouvements est classiquement désignée "configuration en ailes de papillon".

Il est bien entendu possible, comme montré sur la figure 4 ci-jointe extraite, elle, du document FR 82.10844, de multiplier selon la hauteur de la machine de coulée les zones d'action motrice horizontale 51, 52... à sens de glissement transversal des champs
20 magnétiques selon la largeur du produit, mais dans ce cas opposés deux à deux entre plus proches voisines, afin par exemple de concerner un volume brassé plus important pour une puissance de brassage disponible donnée. On réalise ainsi une topologie de mouvement, dite "configuration en triple zéro" formée de trois boucles tournant en sens opposé deux à deux: une boucle centrale 60 située entre les deux zones motrices transversales 51 et 52 et
25 deux boucles externes, 61 et 62, de part et d'autre de la boucle centrale et tournant dans le même sens.

Quelque soit la variante retenue, celle-ci peut être réalisée aussi bien avec des inducteurs placés entre les rouleaux de soutien de la zone du refroidissement secondaire de la machine de coulée (FR 72.20547), qu'avec des inducteurs logés au sein même de ces
30 rouleaux (FR 72.20546). Il en est d'ailleurs de même pour ce qui concerne les moyens de mise en œuvre de l'invention qui seront explicités par la suite. '

Il semble bien que, historiquement, la découverte de ce type de mouvements, basé sur une recirculation du métal en boucles dans un plan parallèle aux grandes faces de la brame, provienne du fait que, contrairement aux produits longs, en coulée continue de
35 produits plats, la forme allongée de la section droite du produit ne se prête pas aisément à l'établissement d'un mouvement de rotation autour de l'axe de coulée. La raison principale, on le comprend aisément, tient aux forts gradients de vitesse que cela nécessite dans l'épaisseur d'un produit qui ne dépasse guère une vingtaine de cm pour les plus épais.

En revanche, une configuration en boucles étagées, du type montré sur les figures 3 et 4, se développant sur la hauteur métallurgique parallèlement aux grandes faces du produit, présente l'avantage d'assurer un meilleur échange thermique entre le haut et le bas de la machine de coulée. Le métal en fusion plus chaud du haut est amené en convection forcée vers le bas par les courants descendants 42a et 43a, pendant que les courants remontant 42b et 43b viennentensemencer le haut en cristallites de métal solidifié collectés dans le bas, favorisant ainsi le développement précoce d'une solidification de type équiaxe large et régulière de la périphérie jusqu'au centre du produit coulé. Cependant, on ne peut développer ces boucles 42, 43 trop vers le haut comme on le voudrait au risque de perturber la surface libre du métal en lingotière. On sait aujourd'hui en effet à quel point la préservation du fragile équilibre hydrodynamique des écoulements en lingotière prévalant à ce niveau est nécessaire à l'obtention de la qualité de surface et sous cutanée du produit coulé.

Or, il se trouve précisément que l'introduction du métal à couler par le haut de la lingotière à l'aide d'une busette immergée à ouïes de sortie latérales s'ouvrant en regard de chaque petite paroi de la lingotière s'est quasiment généralisée de nos jours, supplantant la busette droite à sortie axiale unique, dès lors réservée aux seuls produits longs. Un avantage majeur obtenu sur les écoulements en lingotière réside dans le fait que, comme le montre le schéma de la figure 1 ci-jointe, par, en quelque sorte, un rebond contre les petites parois d'extrémité de la lingotière, le jet de métal liquide chaud issu de chaque ouïes latérales 27, 27' de la busette 26, se répartit alors en deux fractions. Une fraction principale 21 est dirigée vers le bas, dans le sens de l'extraction du produit coulé. L'autre, 22, est réfléchie vers le haut de manière à apporter au voisinage de la surface libre 23 du métal en lingotière l'enthalpie nécessaire pour éviter des phénomènes de figeage du métal coulé au niveau du ménisque, lesquels bien souvent sont la cause d'arrêts accidentels de la coulée. On vise ainsi à réaliser en lingotière un mode de circulation dit en "double boucle", par opposition au mode "simple boucle" (représenté sur la figure 7) qui, peu de temps après la sortie du métal des ouïes de la busette, se caractérise par une cartographie des vitesses essentiellement dirigées vers le bas dans le sens d'extraction du produit, donc par l'absence de la boucle supérieure 22 d'apport de métal "chaud" au ménisque.

Ce mode "double boucle" n'est toutefois acquis durablement en cours de coulée que si les conditions de coulée s'y prêtent (vitesse de coulée, largeur de la brame, etc...). Des transitions aléatoires en mode "simple boucle" peuvent apparaître au cours même de la coulée si ces conditions fluctuent, ce qui correspond en fait au cas général. De surcroît, un aspect essentiel, en terme de maîtrise des écoulements en "double boucle" en lingotière, réside dans la conservation au sein de la lingotière d'une symétrie "gauche-droite" des mouvements de recirculation au ménisque de part et d'autre de la busette. On sait en effet que l'apparition d'asymétries à ce niveau est à l'origine de phénomènes d'oscillations du

bain métallique qui peuvent conduire à un phénomène de roulis rédhibitoire de la surface que connaît bien le couleur sur le plancher de coulée. Ceci signifie que l'on doit veiller à ce que les courants 22, 22' de recirculation partielle vers le haut soient avant tout stabilisés dans le temps pour éviter l'apparition d'asymétries "gauche-droite", tout en étant
5 suffisamment efficaces thermiquement pour apporter les calories souhaitées au ménisque, mais pas trop intenses au plan de l'hydrodynamique afin d'éviter de trop agiter la ligne 25 de première solidification en bordure du ménisque contre la paroi en cuivre refroidie 24 de la lingotière. La régularité de cette ligne de première solidification 25 est le gage en effet de l'homogénéité de la formation de la première peau dans le haut de la lingotière sans
10 laquelle des risques sont inévitablement encourus de percées sous la lingotière par incrustations de laitier ou par affaiblissements locaux de l'épaisseur de la peau solidifiée.

Autrement-dit pour simplifier, en coulée avec busette immergée à ouïes latérales, on peut obtenir au cours d'une même coulée de manière aléatoire ou, en tous cas, non nécessairement désirée, des écoulements en lingotière qui sont soit de type "double
15 boucle", soit du type "simple boucle, soit des écoulements instables du fait d'asymétries gauche-droite.

C'est notamment en raison de ces difficultés de maîtrise des écoulements dans la partie haute des machines de coulée continue que l'on a vu apparaître plus récemment des systèmes de brassage électromagnétique agissant en lingotière déjà sur les jets de sortie
20 latéraux de la busette. Comme le montrent les schémas des figures 2 (a et b) ci-jointes, extraites du document JP 1.534.702, des champs magnétiques mobiles horizontalement sont produits par des inducteurs linéaires polyphasés 30a, 30b et 30a', 30b' disposés sur les grandes parois de la lingotière 32 en regard de la trajectoire de sortie des jets de métal de part et d'autre de la busette 31. Selon le réglage du sens de glissement des champs, il est
25 alors possible de freiner le courant du jet concerné (glissement des champs à contre courant, allant de la petite paroi vers la busette -fig 3b₁) ou, au contraire, de l'accélérer (glissement à co-courant dans le sens allant de la busette vers la petite paroi -fig 3b₂) afin d'ajuster les apports enthalpiques vers la surface du métal coulé en fonction par exemple des conditions de coulée, sans trop perturber le mode d'écoulement en lingotière qui, lui,
30 est à préserver prioritairement.

On voit donc bien, au travers du rapide rappel présenté ci avant de l'état antérieur de la technique, le cloisonnement, voir l'antinomie, qui existe de fait en coulée de produits de section droite allongée entre brassage du métal en lingotière d'un côté et brassage dans le refroidissement secondaire de l'autre.

La présente invention a précisément pour but de surmonter un tel handicap. Autrement-dit, applicable à la coulée continue des produits à section droite allongée, les brames en particulier, l'invention vise, via un mouvement de brassage d'ensemble étudié du métal en fusion selon la hauteur métallurgique, à procurer un bon échange du métal encore

liquide dans les deux sens entre la zone du refroidissement secondaire et la lingotière, et assurer de ce fait une homogénéité tant thermique que chimique entre le haut et le bas de l'installation de coulée sans perturber le mode d'écoulement dans la lingotière et, le cas échéant, sans se priver pour autant des effets bénéfiques cumulés propres au brassage en lingotière et au brassage dans le refroidissement secondaire respectivement.

Un but complémentaire de l'invention est de contribuer à l'amélioration de la qualité métallurgique de nuances d'acier dont on recherche une bonne santé interne, comme les nuances pour tôles fortes ou pour les gros tubes soudés, les aciers inoxydables ferritiques, ou les aciers électriques au silicium.

Un autre but complémentaire est de pouvoir agir sur les écoulements dans le secondaire pour les utiliser au niveau des jets de coulée issus de la busette soit comme un agent accélérateur, soit au contraire comme un agent de freinage du métal arrivant en lingotière, soit encore comme un moyen pour contrecarrer les velléités d'asymétrie des mouvements du métal au sein de la lingotière.

Avec ces objectifs en vue, l'invention a pour objet un procédé de brassage électromagnétique dans le secondaire d'une installation de coulée continue de brames (ou autres produits analogues à section droite allongée) dont la lingotière est dotée d'une busette de coulée immergée à ouïes de sortie latérales dirigées vers les petites faces, procédé de brassage mis en œuvre à l'aide de champs magnétiques glissants générés par des inducteurs polyphasés disposés à proximité du métal coulé, caractérisé en ce que, dans le but premier de favoriser les échanges de métal liquide au sein du puits de solidification entre la zone du secondaire et la lingotière, on force l'établissement d'un écoulement métallique longitudinal dans la région centrale du produit coulé selon deux courants colinéaires antagonistes.

Conformément à une variante, on crée ces deux courants colinéaires antagonistes longitudinaux dans la partie centrale du produit qui s'éloignent l'un de l'autre, de manière à procurer une circulation d'ensemble du métal liquide qui s'organise en forme de "trèfle à quatre feuilles" dont les lobes supérieurs s'étendent en lingotière jusqu'au niveau des jets issus des ouïes de sortie de la lingotière avec lesquels ils se confondent en co-courant pour les renforcer.

Conformément à une autre variante, on crée ces deux courants colinéaires antagonistes longitudinaux dans la partie centrale du produit qui convergent l'un vers l'autre de manière à procurer une circulation d'ensemble du métal liquide qui s'étend en lingotière jusqu'au niveau des jets issus des ouïes de sortie de la lingotière avec lesquels ils s'opposent en contre-courant pour les freiner.

Selon une réalisation particulière du procédé, on décale l'écoulement longitudinal central dans le secondaire vers l'une ou l'autre des petites parois du produit coulé afin de contrecarrer les tendances à l'asymétrie des mouvements du métal au sein de la lingotière.

Conformément à une mise en œuvre, on crée l'écoulement métallique longitudinal dans la région centrale du produit coulé selon deux courants colinéaires antagonistes à l'aide de champs magnétiques mobiles colinéaires glissants longitudinalement dans la dite région centrale, soit en se rapprochant l'un de l'autre, soit en s'éloignant.

Conformément à une mise en œuvre préférée, on crée l'écoulement métallique longitudinal dans la région centrale du produit coulé selon deux courants colinéaires antagonistes à l'aide de champs magnétiques mobiles colinéaires glissant transversalement selon la largeur du produit coulé, soit en se rapprochant l'un de l'autre du bord vers le centre du produit coulé, soit en s'éloignant l'un de l'autre du centre vers le bord du produit coulé.

Conformément à une autre mise en œuvre préférée, on génère les champs magnétiques glissants à l'aide d'inducteurs linéaires polyphasés que l'on dispose en regard des grandes faces du produit coulé.

En variante, on alimente les inducteurs avec des courants électriques d'intensités différentes.

Par glissement "colinéaire" des champs ou des écoulements métalliques, il faut comprendre, à l'instar de deux vecteurs colinéaires par rapport à deux vecteurs parallèles, que les champs magnétiques, respectivement les courants de métal, glissent non pas parallèlement l'un par rapport à l'autre mais sur la même droite.

Comme on l'aura compris, l'invention consiste dans ses fondements principaux à créer dans la zone du refroidissement secondaire une sorte de croix de brassage à deux branches transversales et deux branches longitudinales; les branches transversales, ou horizontales, se développant selon la largeur du produit coulé et les deux branches longitudinales, ou verticales, se développant dans la région centrale du produit. Et c'est ce moyen qui, en raison des écoulements de recirculation qui en résultent au sein du puits liquide, va créer une configuration globale des mouvements concernant également la région de la lingotière telle que les buts prémentionnés visés par l'invention seront atteints.

L'invention sera bien comprise et d'autres aspects apparaîtront plus clairement au vu de la description qui suit donnée en référence aux planches de dessins annexées sur lesquelles:

- les figures de 1 à 4 sont représentatives de l'art antérieur déjà considéré auparavant. Plus précisément:

* la figure 1 est un schéma habituel montrant sommairement en coupe verticale médiane parallèle au grandes parois de la lingotière la cartographie connue des mouvements de circulation du métal liquide arrivant dans une lingotière de coulée continue de brames par une busette immergée dotée d'ouïes de sortie latérales s'ouvrant en regard des petites parois latérales;

* les figures 2a, 2b₁ et 2b₂ sont des schémas, selon deux vues (en perspective à gauche et en section à droite), de modes connus de brassage électromagnétique en lingotière de coulée continue de brames avec busette immergée à ouïes de sortie latérales (cf. fig. 1) à l'aide d'inducteurs polyphasés linéaires logés de part et d'autre de la busette sur chaque grande paroi et produisant des champs magnétiques glissant horizontalement en sens opposés deux à deux sur la même grande paroi, soit dans le même sens que le jet de sortie du métal auquel il est appliqué (fig. 2b₂), soit en sens contraire (fig. 2b₁ et 2a);

* la figure 3 est un schéma simplifié montrant en perspective une brame en cours de coulée continue dans la zone du refroidissement secondaire de la machine de coulée. Cette zone est dotée d'une paire d'inducteurs linéaires disposés en regard l'un de l'autre de chaque côté du produit selon la largeur de celui-ci et générant un champ magnétique glissant horizontalement de manière à réaliser un mode connu de brassage électromagnétique en forme "d'ailes de papillon" constituée de deux boucles superposées se développant selon la hauteur métallurgique de la brame coulée. Ce mode connu est par exemple donné dans l'enseignement du document FR 72.20546 précité;

* la figure 4 est un schéma analogue au précédent donné sur la fig. 3 mais montrant un mode de brassage électromagnétique en "triple boucle", ou en "papillon", tel que réalisé par exemple par la mise en œuvre de l'enseignement du document FR 82.10844 prémentionné;

- les autres figures, numérotées de 5 à 9 sont propres à l'invention. Plus précisément:

* la figure 5 est un schéma général, vu en coupe verticale médiane parallèle aux grandes parois d'une lingotière de coulée continue de brames dotée d'une busette immergée à ouïes de sortie latérales s'ouvrant en regard des petites parois latérales, montrant le principe du brassage en trèfle à quatre lobes dans la zone du refroidissement secondaire selon l'une des deux mises en œuvre de l'invention dans laquelle les courants antagonistes longitudinaux s'éloignent l'un de l'autre, et la cartographie des mouvements de circulation du métal liquide qui en résulte au sein de cette zone juste en dessous de la lingotière;

* la figure 6 est un schéma analogue à celui de la figure 5, mais dans le cas où le mode d'écoulement en lingotière est, non plus en "double boucle", mais en "simple boucle";

* la figure 7a est un schéma qui, sur la base d'une reproduction de la figure 5, montre un moyen de réalisation du brassage en trèfle à quatre lobes à l'aide d'inducteurs linéaires à champs magnétiques glissant horizontalement;

* la figure 7b est un schéma analogue à la figure 7a, mais illustrant un autre mode de réalisation de cette mise en œuvre de l'invention à l'aide cette fois d'inducteurs linéaires à champs magnétiques glissant verticalement;

* la figure 8 est aussi un schéma qui sur la base d'une reproduction de la figure 5, illustre un mode préféré de réalisation de l'invention instaurant une circulation complémentaire

en mode "double boucle" en lingotière à l'aide à l'aide d'inducteurs linéaires à champs glissant horizontalement agissant directement sur les jets de métal sortant des ouïes de la busette de coulée;

- 5 * la figure 9 illustre l'autre variante de mise en œuvre de l'invention consistant à créer des écoulements longitudinaux antagonistes dans la partie centrale du produit coulé, non plus divergents, mais convergents.

On rappelle que les figures 1 à 4 ont servi de support à l'exposé de l'art antérieur déjà fait au début de ce mémoire. On y reviendra pas dans ce qui suit.

- 10 Sur les figures 5 à 9 représentatives du mode de brassage dans le secondaire propre à l'invention dans ces deux variantes (divergents ou convergents au centre), les champs magnétiques glissants, tout comme les inducteurs linéaires qui les produisent, sont représentés par des flèches verticales ou horizontales épaisses. Les mouvements de convection produits sont eux représentés par leurs trajectoires principales sous forme de traits porteurs de pointes de flèche indiquant le sens de circulation du mouvement sur la
- 15 trajectoire porteuse. Les traits pleins représentent des zones de convection actives, donc de circulation soumises à l'action de champs magnétiques glissants; les traits discontinus représentent les zones de convection passive, autrement-dit à proprement parler des zones de re-circulation, complémentaires nécessairement aux précédentes pour former les boucles de circulation entières.

- 20 Sur ces figures, les mêmes éléments sont désignés sous des références identiques. Le cas échéant, pour ne pas surcharger inutilement certaines figures, des références récurrentes n'ont pas été portées afin de laisser plus de clarté aux éléments essentiels de l'invention représentés sur ces figures.

- 25 Sur chacune d'elles on a représenté une lingotière 1 de coulée continue de brames suivie en dessous par la zone 2 du refroidissement secondaire de la machine de coulée, ici volontairement dépouillée des rouleaux de soutien pour ne pas nuire inutilement à la clarté du dessin. Les vues étant dans un plan parallèle aux grandes parois de la lingotière, seules sont visibles en 3 et 3' les petites parois latérales, lesquelles vont déterminer les petites faces 18, 18' du produit coulé 6. Les grandes faces étant dans le plan des figures, elles ne
- 30 sont pas référencées sur les figures. Par ailleurs, pour plus de clarté, on désignera sous la référence 6 indifféremment la brame coulée en elle-même ou son cœur encore liquide appelé plus généralement "puits de solidification".

- Une busette immergée 4 centrée sur l'axe de coulée A (confondu ici comme c'est classiquement le cas avec l'axe longitudinal du produit coulé), alimente la lingotière en
- 35 métal en fusion depuis un répartiteur non représenté situé au dessus. Cette busette est dotée d'ouïes de sorties latérales 5 et 5' tournées chacune en regard de l'une et l'autre des petites parois 3 et 3' respectivement. Le format du produit coulé est déterminé par les dimensions intérieures de la lingotière définissant l'espace de coulée dans lequel arrive le métal en

fusion sous forme de jets 7, 7' sortant des ouïes de la busette 4 classiquement selon une direction moyenne plus ou moins horizontale, ou légèrement inclinée vers le bas. Le produit coulé progresse ainsi du haut, depuis le niveau du ménisque 8, vers le bas, dans le sens d'extraction de la machine de coulée, à la verticale ou selon une trajectoire courbe dans un plan orthogonal à celui de la figure, avec une vitesse d'extraction (vitesse de coulée) habituellement de l'ordre du mètre par minute. Au cours de sa progression, il se solidifie progressivement depuis sa périphérie jusqu'au centre par extraction de sa chaleur interne, d'abord en lingotière 1 au contact des parois en cuivre refroidi, puis dans la zone du refroidissement secondaire 2 sous l'effet de rampes d'arrosage d'eau.

A environ 3 ou 4m sous le ménisque 8, donc au sein de la zone de refroidissement secondaire 2, on repère arbitrairement sur l'axe longitudinal du produit (confondu avec l'axe de coulée A) un point P. On qualifiera ce point P de centre de la croix de brassage 9 propre à l'invention. Cette croix 9 est une croix à quatre branches, colinéaires deux à deux: deux branches longitudinales (ici verticales) 10a, 10b, formant une paire alignée sur l'axe de coulée A, et deux branches transversales (ici horizontales) 11a, 11b formant une paire se développant selon la largeur du produit coulé. Dans chacune des deux branches d'une même paire, le métal liquide y circule dans des sens opposés deux à deux, et par ailleurs la circulation du métal dans une paire est à l'opposée de celle de l'autre paire.

En raison du caractère dimensionnel nécessairement "fini" du produit coulé, ces branches, comme on le voit, sont reliées en quelque sorte entre elles par des boucles de recirculation pour former un écoulement d'ensemble se développant dans le plan des grandes faces du produit coulé en forme de trèfle à quatre feuilles, les feuilles constituant des lobes L1, L2, L3, L4, dont les deux supérieurs, L1 et L4, s'étendent jusqu'en lingotière au niveau des jets de sortie 7 et 7'.

Ainsi, selon le mode de brassage représenté sur les figures 5 à 8, la paire de branches verticale est en convection de type "divergent". Les courants de métal s'éloignent l'un de l'autre depuis le centre du trèfle P, l'un, 10a, déflue vers la lingotière 1 située au dessus, l'autre, 10b, déflue vers le bas, dans le sens d'extraction du produit coulé, en direction du lieu de fermeture du puits de solidification. Dans la paire horizontale 11a, 11b, la convection du métal est alors de type "convergent": les courants métalliques confluent l'un vers l'autre en direction du centre de confluence P en circulant des petites faces latérales du produit vers l'axe longitudinal A.

Comme déjà dit, les courants métalliques qui forment ces branches sont créés par des champs magnétiques glissants, eux mêmes générés par des inducteurs linéaires disposés à proximité immédiate du produit coulé en regard de ces grandes faces (de préférence les deux faces). Bien entendu, il n'est pas nécessaire que les deux paires de branches soient simultanément activées par les champs magnétiques. Seule une peut l'être, par exemple les branches verticales 10a, 10b, l'autre, 11a, 11b, devient alors naturellement

le siège d'une recirculation par réaction, car le centre P fonctionne comme un nœud de passage de courants qui conserve les débits massiques et les quantités de mouvement, et réciproquement.

Par contre, selon ce premier mode de brassage de l'invention, il importe que les branches verticales 10a et 10b soient défluentes, comme montré sur les figures 5 à 8. Dans les lobes supérieurs L1 et L4 proches de la lingotière, le métal remonte alors au centre et descend le long des petites faces, et inversement dans les lobes inférieurs L2 et L3.

Il se trouve que dans ces conditions, la mise en œuvre de l'invention maximise les échanges de matière métallique entre le bas et le haut du puits liquide. D'une part, en effet, la circulation en boucle du métal dans un lobe quelconque s'effectue dans un sens de rotation opposé à celui qui s'établit dans les deux lobes les plus proches voisins. D'autre part, la vigueur des jets de coulée 7 et 7' se trouvant alors systématiquement renforcée par le flux central 10a remontant à co-courant, les boucles de recirculation L5 et L6 en lingotière vers le ménisque 8 vont se trouver renforcées à leur tour et, par conséquent, le mode "double boucle" L5, L1, L4 et L6 présent au sein de la lingotière se trouve ainsi de surcroît stabilisé.

De la sorte, on comprend aisément que tout élément de métal liquide, que l'on isolera par la pensée, quel que soit l'endroit où on le choisit arbitrairement sur la hauteur métallurgique, aura une probabilité élevée de se retrouver, par emprunt aléatoire de courants ascendants ou descendants successifs, au moins une fois en lingotière avant de redescendre s'il se trouve initialement dans la zone du refroidissement secondaire et réciproquement si on le choisit initialement en lingotière, étant entendu que globalement il subira nécessairement un déplacement moyen vers le bas dans la direction d'extraction avec une vitesse moyenne égale à la vitesse de coulée. Dit autrement, cette mise en œuvre de l'invention maximise l'échange de matière métallique en fusion entre les zones chaudes de la lingotière et celles plus froides du secondaire et ce en renforçant en lingotière les moyens connus propres à y stabiliser le mode "double boucle".

Un tel échange contribue notamment à une meilleure évacuation de la surchauffe ainsi qu'à l'avènement d'une solidification du métal de type équiaxe précoce et ample, sans risque de perturber le mode d'écoulement en lingotière, au contraire en renforçant la stabilité de la symétrie gauche-droite des mouvements de part et d'autre de la busette, et ce quelque soit le mode local présent: "double boucle" -cf. fig. 5-, ou "simple boucle" -cf. fig. 6- donc en contrecarrant la tendance aléatoire naturelle de transition d'un mode vers l'autre.

Comme déjà dit, les branches 10 et 11 de la croix de brassage 9 sont générées par l'action appliquée à ces endroits de champs magnétiques glissants. Les lignes de force de ceux-ci sont orthogonales à la surface du produit coulé ou du moins ont une composante principale orthogonale pour maximiser le couplage électromagnétique avec le métal

liquide. Il est bien connu que de tels champs peuvent être aisément produits par des inducteurs linéaires polyphasés classiques.

La figure 7a illustre une première mise en œuvre de l'invention selon laquelle deux inducteurs linéaires identiques 12 et 13 sont placés horizontalement au même niveau en hauteur sur la machine de coulée (inducteurs colinéaires) de part et d'autre de l'axe de coulée et montés en opposition de manière à créer des champs magnétiques colinéaires glissants transversalement selon la largeur du produit coulé, des petites faces 18, 18' vers le centre. Ces inducteurs sont avantageusement dimensionnés de manière à générer chacun un champ magnétique glissant, selon une branche active de convection (11a ou 11b), de longueur égale à un peu moins de la moitié de la demi largeur de la brame coulée 6.

Dans ce cas, la force motrice de brassage est donnée par les branches transversales convergentes 11a, 11b de la croix de brassage, et les flux défluents longitudinaux 10a, 10b, sont alors obtenus après passage du point de confluence P.

La figure 7b illustre une seconde mise en œuvre, équivalente à la précédente quant aux effets obtenus. Selon cette seconde variante, les inducteurs linéaires colinéaires 14 et 15 montés en opposition sont disposés verticalement, sur l'axe de coulée. De cette manière, on active cette fois directement les branches longitudinales 10a et 10b (dont la présence au sein du secondaire est à la base même de l'invention), l'inducteur supérieur 14 générant alors un champ magnétique glissant vers le haut de la machine de coulée en direction de la lingotière, l'inducteur inférieur 15 produisant un champ glissant vers le bas en direction du fond du puits.

La figure 8 illustre un mode de réalisation préféré de l'invention. Il consiste à transformer le bord supérieur des lobes de recirculation supérieurs L1 et L4 venant renforcer les jets de coulée 7 et 7' en zones de convection active. Pour cela, on adjoint à la paire d'inducteurs déjà présents dans le refroidissement secondaire pour créer la croix de brassage 9, deux inducteurs linéaires supplémentaires 16, 17 à champs glissants horizontaux disposés colinéairement de part et d'autre de la busette 4 au niveau des jets de métal 7 et 7' sortant des ouïes 5 et 5' et glissant en co-courant avec lesdits jets, de la busette vers les petites parois 3, 3' de la lingotière 1. L'effet de convergence entre les jets et le flux central remontant du bas se trouve ainsi encore raffermi et, par voie de conséquence, le régime local de type "double boucle" en lingotière également.

La figure 9, analogue à la figure 5, s'en distingue cependant de manière essentielle par le fait que les sens de circulation du métal dans chacune des quatre branches de la croix 9 sont inversés. Cette figure 9 illustre ainsi la seconde variante principale de mise en œuvre de l'invention qui consiste à créer des courants colinéaires antagonistes longitudinaux 20a, 20b dans la partie centrale du produit coulé 6 qui cette fois convergent l'un vers l'autre en direction du point P de manière à procurer une circulation d'ensemble du métal liquide qui s'étende en lingotière 1 par des courants remontant le long des petites faces 18, 18' jusqu'au

niveau des jets de métal 7, 7' issus des ouïes de sortie 5, 5' de la busette avec lesquels ils s'opposent en contre-courant pour les freiner.

On retrouve globalement une configuration de brassage dans le secondaire à quatre lobes L1 à L4, et dont les boucles tournent donc en sens contraire par rapport à la première variante. Toutefois, en raison de l'effet antagoniste des lobes supérieurs L1 et L4 sur les jets 7 et 7', les courants de retour du métal vers le bas dans la partie centrale du puits liquide sont bien moins canalisés et confinés, mais beaucoup plus diffus et dispersés dans la section du produit que dans ladite première variante.

On comprend que ces deux variantes principales ne sont en réalité que deux facettes différentes et complémentaires de la même invention et qui peuvent être présentes conjointement lors de la mise en œuvre du procédé de brassage. Il sera en effet aisé de modifier en dynamique les sens de glissement des champs magnétiques agissants, par exemple en inversant les polarités des inducteurs qui les produit, de manière à pouvoir à la demande freiner ou accélérer les courants des jets de coulée 7, 7' à partir d'une action de brassage localisée dans le secondaire loin de ces jets.

On voit donc qu'un intérêt déterminant de l'invention est d'assurer un bon échange haut/bas dans le puits liquide tout en pouvant agir à distance sur les jets de coulée en lingotière, et ce à l'aide d'un montage simple et rustique d'un équipement de brassage électromagnétique dont les composants sont largement disponibles dans le commerce.

Comme on l'aura bien compris, l'invention consiste, en somme, à utiliser judicieusement les moyens de brassage électromagnétique actuellement disponibles pour réaliser dans le secondaire un découpage dans le sens long du produit en deux brins juxtaposés et, dans chaque brin, à installer une configuration de brassage de type ailes de papillon. Ce faisant, on crée un système d'écoulement d'ensemble dans le secondaire à quatre lobes dont le cœur est la croix de brassage 9 avec son centre P.

De préférence, pour des raisons évidentes de symétrie, ce partage en deux brins se fera à mi-largeur du produit coulé, c'est-à-dire selon l'axe longitudinal de celui-ci, car cet axe se confond généralement avec l'axe de coulé.

Cela dit, il suffira de déséquilibrer les forces de brassage entre les deux branches transversales 11a, 11b, par exemple via un réglage différencié des intensités des courants électriques alimentant les inducteurs 12, 13, pour déplacer le centre P vers une petite face 5 ou vers l'autre 5' et ainsi obtenir sur les mouvements en lingotière un effet plus sélectif d'un côté de la busette que de l'autre.

De même, un déséquilibre analogue sur les branches longitudinales 10a, 10b permettra, avec un équipement de brassage donné, un déplacement vers le haut ou vers le bas du centre de brassage P sans avoir à modifier l'emplacement de cet équipement sur la machine de coulée.

Certes, si l'on veut pouvoir intervenir conjointement sur ces deux possibilités de réglage de la position du centre P de la croix de brassage, il faudra doter le secondaire d'un équipement à quatre inducteurs de manière à pouvoir activer électromagnétiquement chacune des quatre branches 10a, 10b, 11a et 11b.

5 Il va de soi que l'invention ne se limite pas aux exemples décrits ci-avant, mais qu'elle s'étend à de multiples variantes ou équivalent dans la mesure où est respectée sa définition donnée dans les revendications qui suivent.

10 Ainsi, par exemple, si les inducteurs linéaires à utiliser ont classiquement une structure plane, cette disposition n'est que préférentielle: des inducteurs de forme courbe pour épouser mieux la forme de la surface de la brame là où ils sont placés peuvent également convenir.

REVENDICATIONS

1. Procédé de brassage électromagnétique dans le secondaire(2) d'une installation
5 de coulée continue de brames, ou autres produits analogues à section droite allongée, dont la lingotière (1) est dotée d'une busette de coulée immergée (4) à ouïes de sortie latérales (5, 5') dirigées vers les petites faces, procédé de brassage mise en œuvre à l'aide de champs magnétiques glissants générés par des inducteurs polyphasés disposés à proximité du métal coulé, caractérisé en ce que, dans le but premier de favoriser les échanges de métal liquide
10 au sein du puits de solidification (6) entre la zone du secondaire et la lingotière, on force l'établissement d'un écoulement métallique longitudinal dans la région centrale du produit coulé selon deux courants colinéaires antagonistes (10a, 10b).

2. Procédé de brassage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on crée
15 lesdits courants colinéaires antagonistes longitudinaux (10a, 10b) dans la partie centrale du produit coulé qui s'éloignent l'un de l'autre, de manière à procurer une circulation d'ensemble du métal liquide qui s'organise en forme de "trèfle à quatre feuilles" dont les lobes supérieurs (L1, L4) s'étendent en lingotière (1) jusqu'au niveau des jets (7, 7') issus des ouïes de sortie (5, 5') de la busette (4) avec lesquels ils se confondent en co-courant
20 pour les renforcer.

3. Procédé de brassage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on crée lesdits courants colinéaires antagonistes longitudinaux (20a, 20b) dans la partie centrale du produit coulé qui convergent l'un vers l'autre de manière à procurer une circulation
25 d'ensemble du métal liquide qui s'étende en lingotière (1) jusqu'au niveau des jets (7, 7') issus des ouïes de sortie (5, 5') de la busette (4) avec lesquels ils s'opposent en contre-courant pour les freiner.

4. Procédé de brassage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on décale
30 l'écoulement longitudinal central dans le secondaire vers l'une ou l'autre des petites faces du produit coulé.

5. Procédé de brassage selon les revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que l'on crée l'écoulement métallique longitudinal dans la région centrale du produit coulé selon
35 deux courants colinéaires antagonistes à l'aide de champs magnétiques mobiles colinéaires qui glissent longitudinalement dans la dite région centrale, soit en se rapprochant l'un de l'autre, soit en s'éloignant.

6. Procédé de brassage selon les revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que l'on crée l'écoulement métallique longitudinal dans la région centrale du produit coulé selon deux courants colinéaires antagonistes à l'aide de champs magnétiques mobiles colinéaires qui glissent transversalement selon la largeur du produit coulé, soit en se rapprochant l'un de l'autre du bord vers le centre du produit coulé, soit en s'éloignant l'un de l'autre du centre vers le bord du produit coulé.

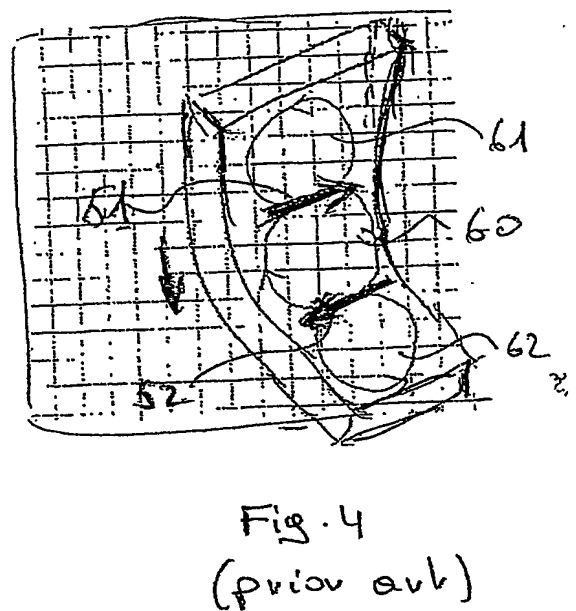
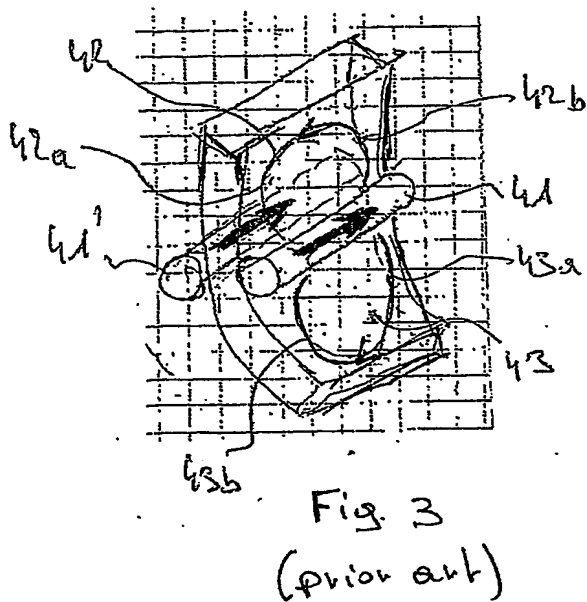
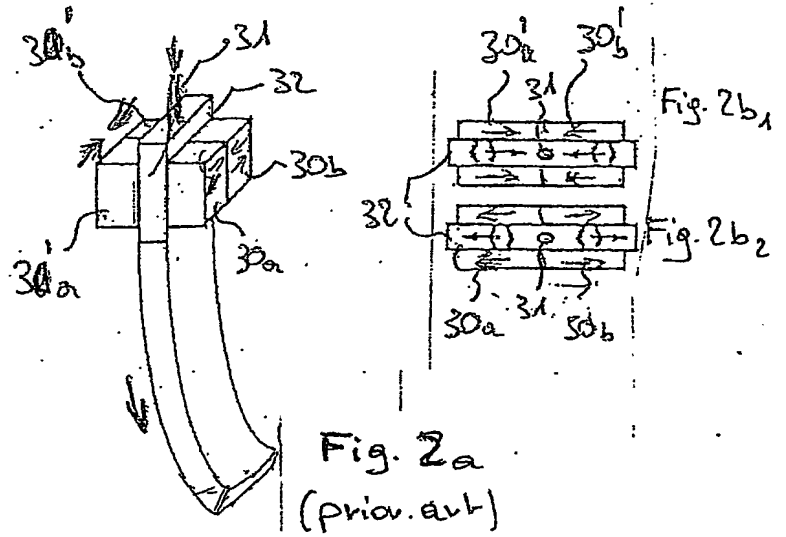
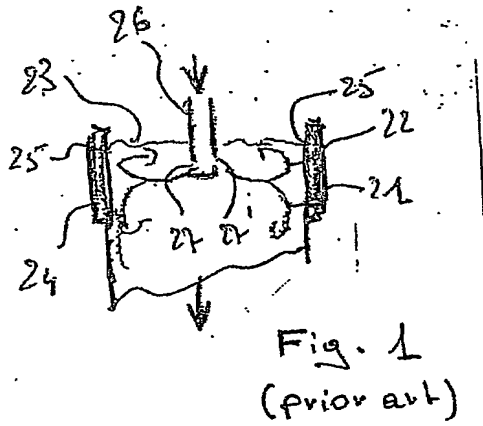
7. Procédé de brassage selon l'une quelconque de revendications précédentes caractérisé en ce que l'on génère les champs magnétiques glissants à l'aide d'inducteurs linéaires polyphasés que l'on dispose en regard des grandes faces du produit coulé.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'on alimente les inducteurs avec des courants électriques d'intensités différentes.

9. Procédé selon l'une quelconque de revendications précédentes caractérisé en ce que l'on utilise également des champs magnétiques mobiles glissant qui agissent directement en lingotière (1) sur les jets de métal (7, 7') sortant des ouïes (5, 5') de la busette (4).

10. Produit métallique de section droite allongée issu d'une installation de coulée continue dont le secondaire est soumis à une opération de brassage électromagnétique selon la revendication 1.

PL. 1 / III



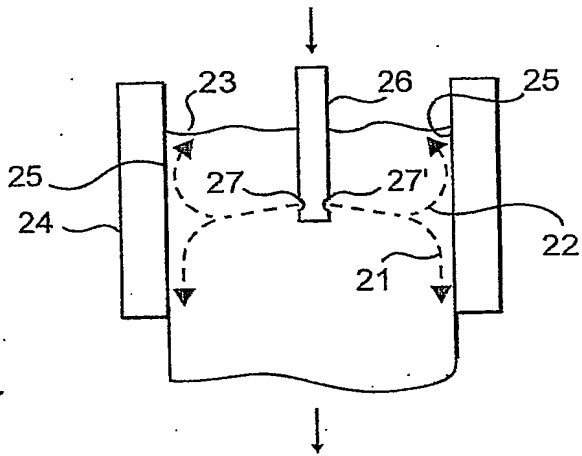


Fig. 1
(prior art)

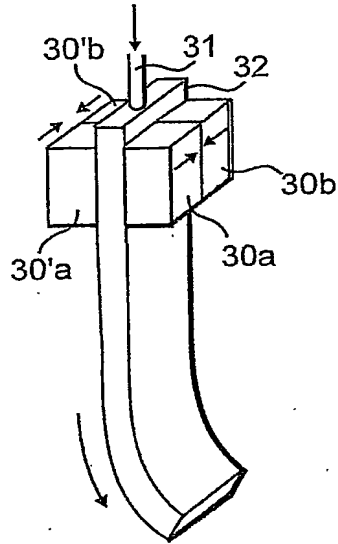


Fig. 2a
(prior art)

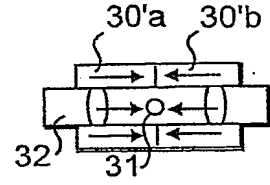


Fig. 2b₁

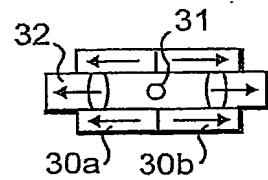


Fig. 2b₂

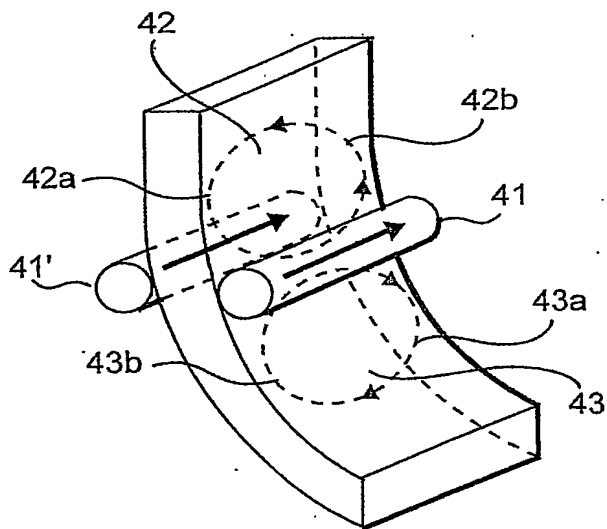


Fig. 3
(prior art)

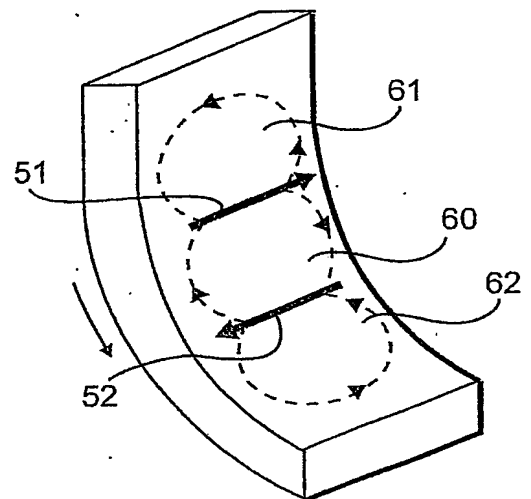


Fig. 4
(prior art)

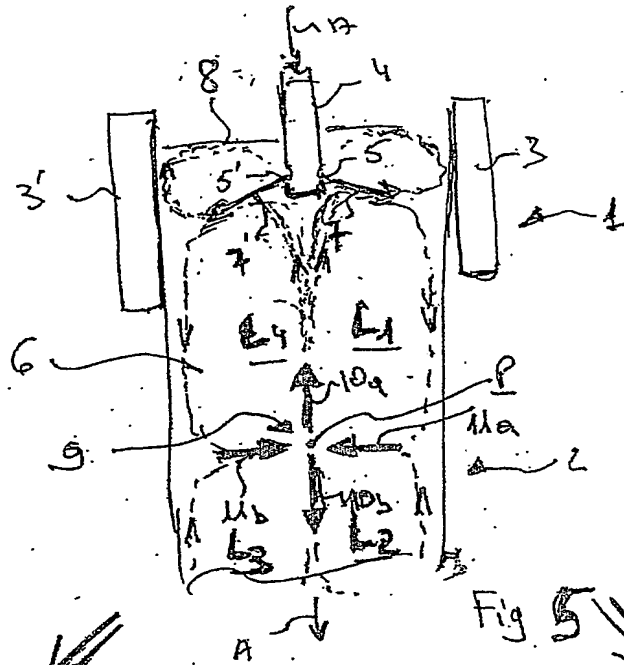


Fig 5

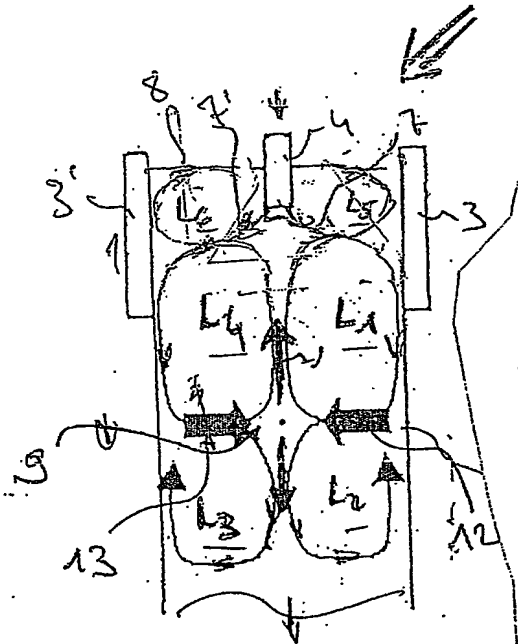


Fig 7a

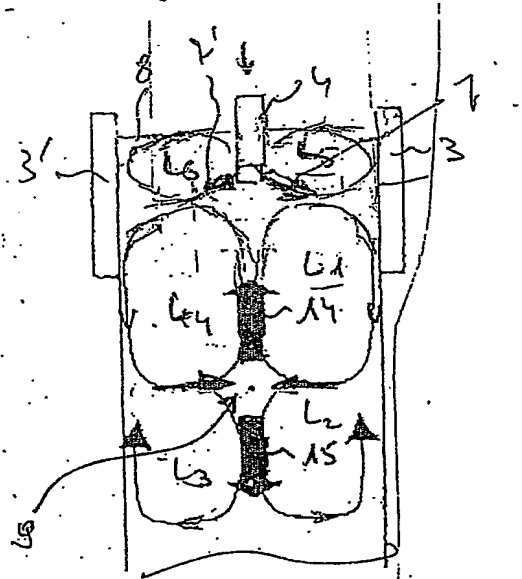


Fig 7b

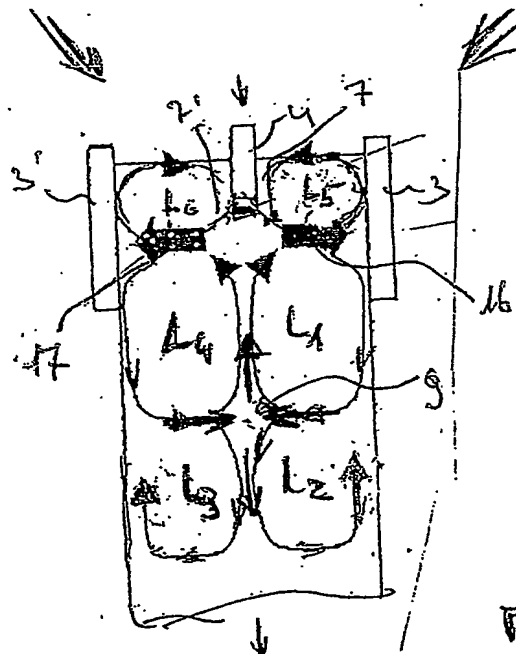
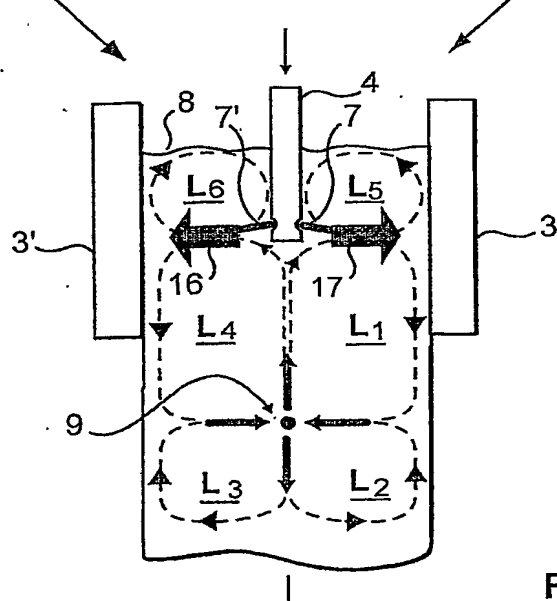
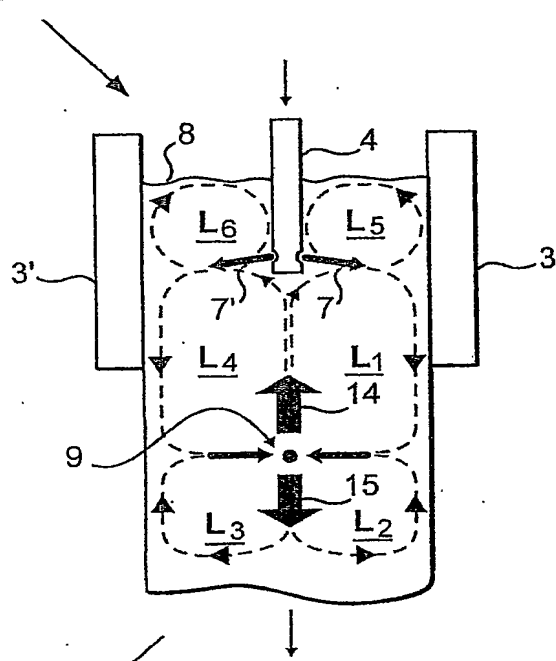
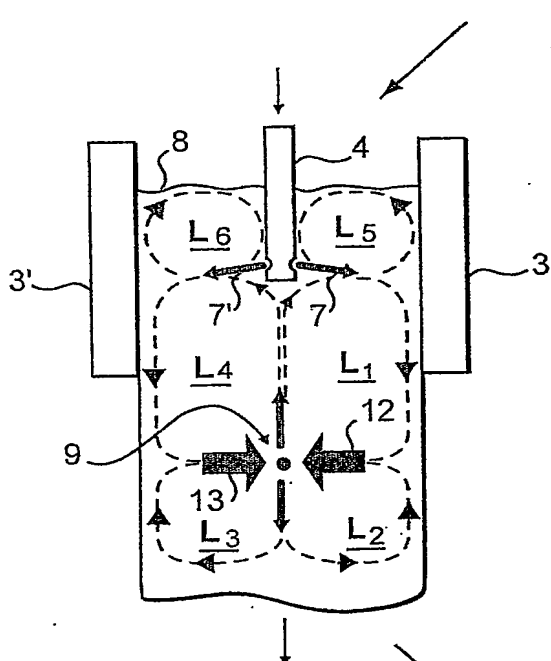
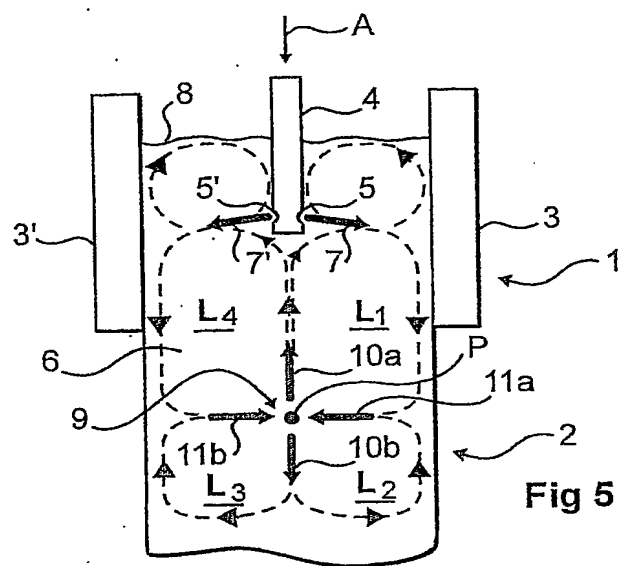


Fig 8



PL. 3/III

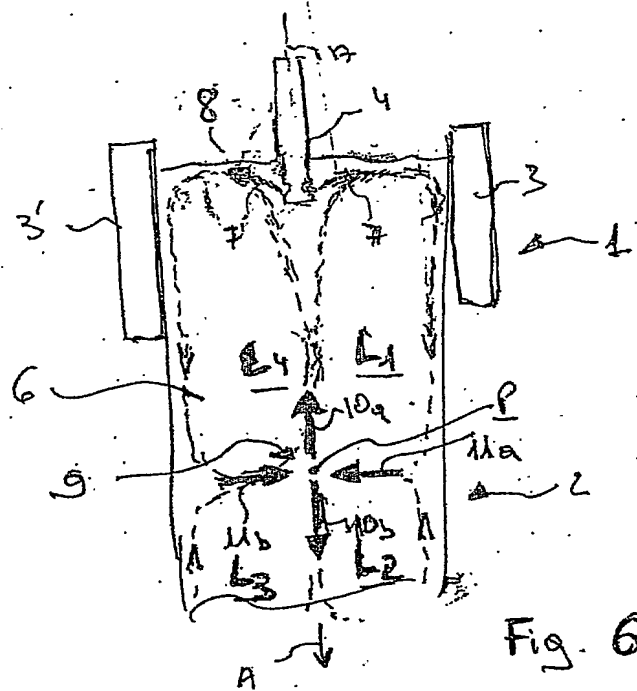


Fig. 6

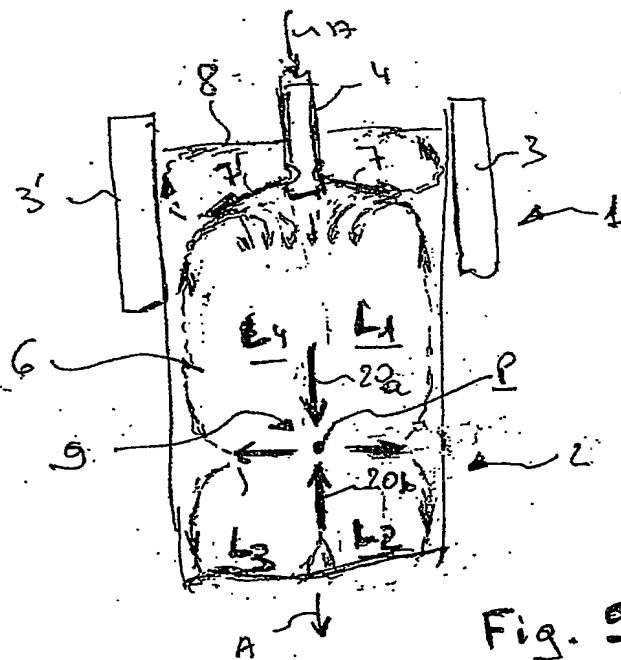


Fig. 9

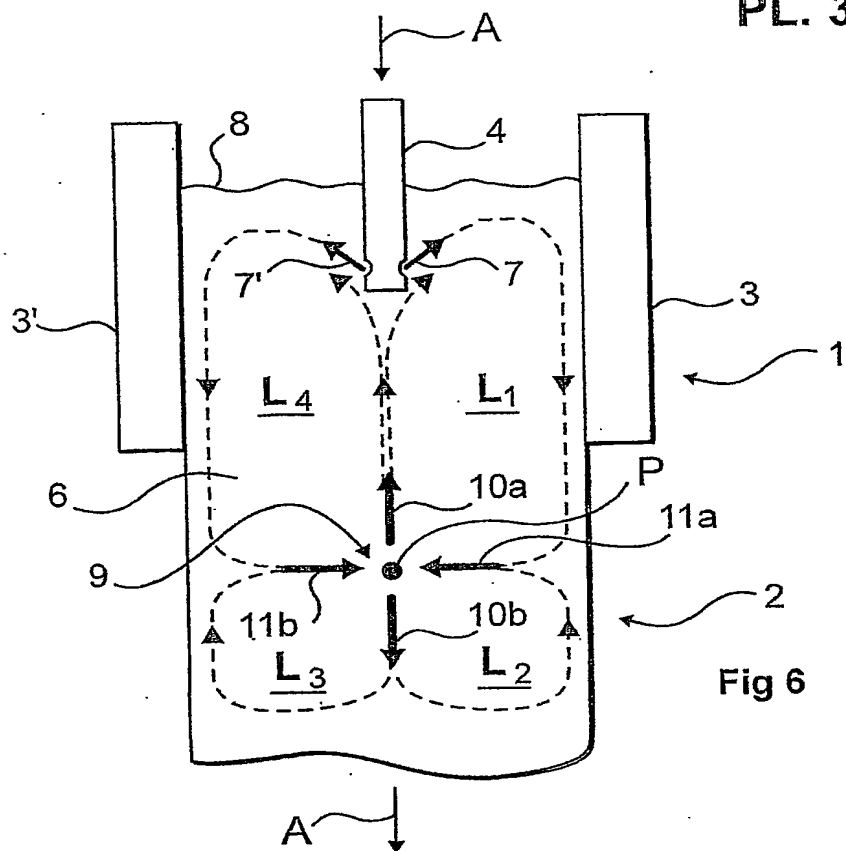


Fig 6

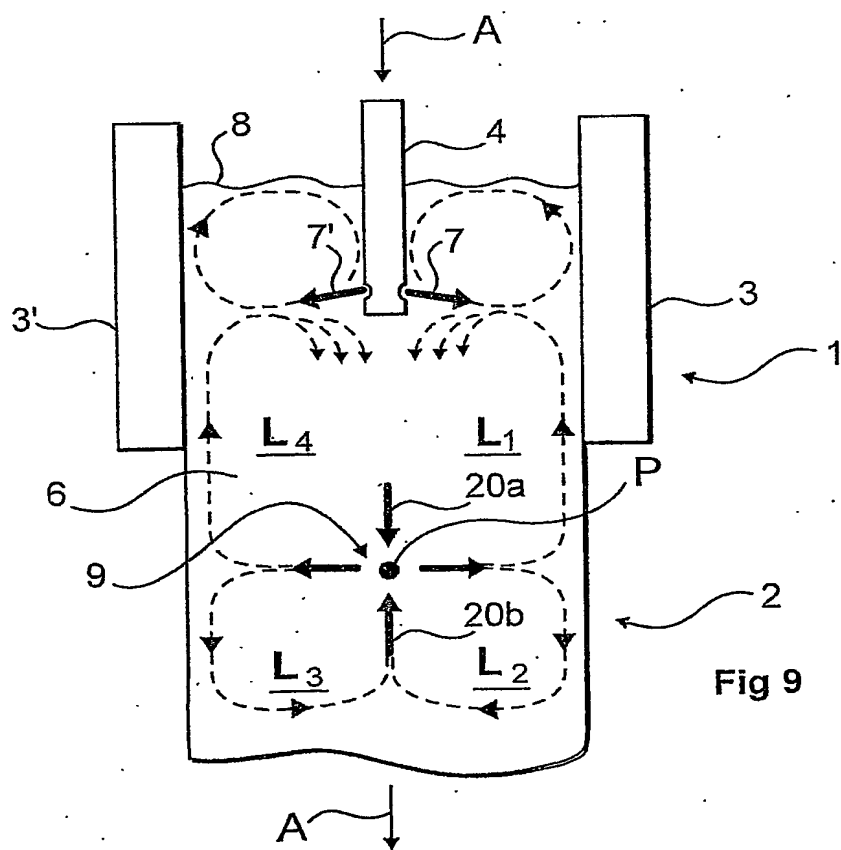


Fig 9



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1. / 1.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

INV

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)		RT 21030
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03.12.555
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Procédé de brassage électromagnétique pour la coulée continue de produits métalliques de section allongée.		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
ROTELEC Société Anonyme		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	KUNSTREICH
	Prénoms	Siebo
Adresse	Rue	27, rue Eugène Berthoud
	Code postal et ville	19 3 4 0 0 SAINT OUEN
Société d'appartenance (facultatif)		ROTELEC
2	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Roger VENTAVOLI		
ROVE Conseils 47, rue de Paris - B.P. 50229 F - 57106 THIONVILLE CEDEX Tél 03 82 53 42 42 - Fax 03 82 53 79 13 E-mail : rove@wanadoo.fr		

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR04/002728

International filing date: 22 October 2004 (22.10.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR
Number: 0312555
Filing date: 27 October 2003 (27.10.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 11 March 2005 (11.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse